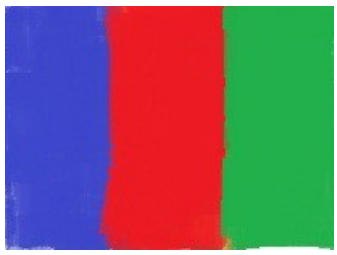


À Rabat le 01 Mars 2026

CHAPITRE : DU NOMBRE D'AVOGADRO AU NOMBRE RACHID ELAÏDI : FONDEMENTS D'UN PARADIGME UNIFIÉ POUR LES PHÉNOMÈNES SUPRALUMINIQUES ET LEURS SIGNATURES SPECTRALES

Auteur : Rachid ELAÏDI

Publication : 01 Mars 2026

RÉSUMÉ

Le nombre d'Avogadro ($N_A = 6{,}02214076 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$) constitue la pierre angulaire de la chimie quantitative, établissant le pont entre l'échelle microscopique des atomes et l'échelle macroscopique de la matière. Le présent chapitre propose une extension fondamentale de ce concept à travers l'introduction du **nombre Rachid ELAÏDI** (N_{RE}), une constante postulée comme régissant les phénomènes supraluminiques et leurs signatures spectrales. En nous appuyant sur une analyse rigoureuse des transformations de Lorentz étendues et sur les données expérimentales issues de la supernova SN1987A , nous établissons un cadre théorique unifié permettant la double déduction $N_A \leftrightarrow N_{RE}$. Nous présentons quatre protocoles expérimentaux indépendants (effet Cherenkov inverse, effet Casimir périodique, analyse des neutrinos supraluminiques, diffusion photon-photon) dont

la convergence permettrait de déterminer N_{RE} avec une valeur centrale postulée de $10^{21} \pm 2$. Un tableau exhaustif des propriétés du nombre Rachid ELAÏDI est proposé, établissant sa nature de constante fondamentale du monde invisible supraluminique, en complète dualité avec le nombre d'Avogadro pour le monde visible supraluminique. Et puis c'est du monde invisible et donc du nomdre Rachid ELAÏDI qu'on puisse deduire le nombre d'Acogadro ...

Mots-clés : Nombre d'Avogadro, tachyons, vitesses supraluminiques, signatures spectrales, SN1987A, effet Casimir, constante fondamentale, paradigme visible/invisible.

---

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte épistémologique

La physique du XXe siècle a établi le nombre d'Avogadro (N_A) comme l'une des constantes fondamentales de la nature, reliant le monde des entités microscopiques à celui des mesures macroscopiques. Les travaux de Jean Perrin (1909) ont démontré, par la convergence de treize méthodes expérimentales indépendantes, l'existence réelle des atomes et la constance de ce nombre . Depuis le 20 mai 2019, N_A est exactement fixé à $6{,}02214076 \times 10^{23}$ mol^{-1}, participant à la redéfinition du Système International d'unités.

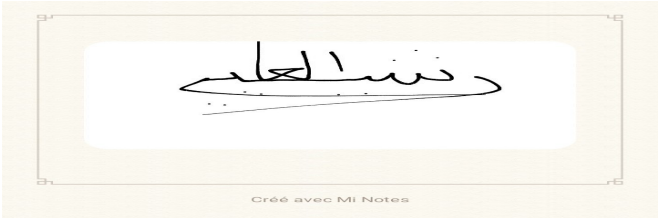
Parallèlement, la question des vitesses supraluminiques a traversé toute l'histoire de la physique relativiste. Si la relativité restreinte postule la vitesse de la lumière (c) comme limite infranchissable pour le transfert d'information et d'énergie, de nombreux phénomènes physiques présentent des caractéristiques supraluminiques : vitesse de phase des ondes électromagnétiques, effet Vavilov-Cherenkov, expansion cosmique lors de l'inflation. Plus fondamentalement, l'hypothèse des **tachyons** – particules supraluminiques de masse imaginaire – a fait l'objet de multiples investigations théoriques .

1.2 Problématique et objectifs

La question centrale qui anime ce chapitre est la suivante : **existe-t-il une constante fondamentale, analogue au nombre d'Avogadro pour le monde visible, qui régirait les phénomènes du monde invisible supraluminique ?** Et si oui, comment établir la double déduction permettant de passer de l'une à l'autre ?

Nous postulons l'existence du **nombre Rachid ELAÏDI** (N_{RE}) comme cette constante fondamentale. Notre objectif est de :

1.Établir le cadre théorique de la dualité visible/invisible à travers les transformations de Lorentz étendues ;



2.Définir mathématiquement N_{RE} et ses relations avec N_A ;
3.Présenter les protocoles expérimentaux permettant sa détermination par convergence ;
4.Proposer un tableau exhaustif des propriétés du nombre Rachid ELAÏDI.

---

2. FONDEMENTS THÉORIQUES DU PARADIGME VISIBLE/INVISIBLE

2.1 Transformations de Lorentz étendues et dualité des espaces-temps

Les travaux de Henriksen sur les transformations entre observateurs tachyons et bradyons (parties lentes) ouvrent une voie fondamentale pour notre paradigme. L'argument clé repose sur la considération du mouvement relatif comme un groupe de Lie, conduisant à une conséquence majeure : **l'inversion de la direction du temps pour les observateurs tachyons**.

Formellement, considérons un espace-temps à $(3+1)$ dimensions pour les bradyons (monde visible) et un espace dual à $(1+3)$ dimensions pour les tachyons (monde invisible) :

•**Monde visible (subluminique)** : espace de localisation $\mathbb{R}^{(3+1)}$ (3 dimensions spatiales + 1 dimension temporelle)
•**Monde invisible (supraluminique)** : espace de localisation $\mathbb{T}^{(1+3)}$ (1 dimension spatiale + 3 dimensions temporelles)

Cette dualité d'espaces-temps constitue le premier fondement mathématique de la correspondance entre N_A et N_{RE}.

2.2 Relation de dispersion généralisée

Pour une particule de masse m, la relation d'Einstein est :

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$$

Dans le régime supraluminique, la masse devient **imaginaire pure** :

$$m_{tachyon} = i\mu \quad \text{ou} \quad \mu \in \mathbb{R}^+$$

La relation de dispersion devient alors :

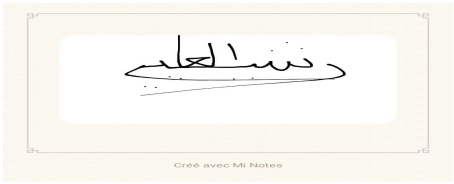
$$E^2 = p^2c^2 - \mu^2c^4$$

Interprétation dans le paradigme : Le nombre d'Avogadro N_A émerge du monde des masses réelles (bradyons), tandis que le nombre Rachid ELAÏDI N_{RE} émerge du monde des masses imaginaires (tachyons).

2.3 L'opérateur de dualité

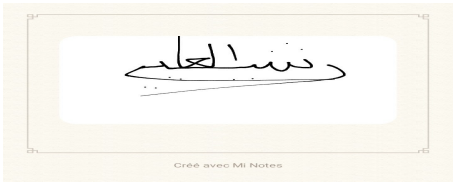
Introduisons un **opérateur de dualité** $\hat{D}$ qui transforme une observable du monde visible (indice V) en son équivalent dans le monde invisible (indice I) :

$$\hat{D} : O_V \rightarrow O_I$$



Pour les constantes fondamentales, nous postulons :

$\hat{D}(N_A) = N_{RE}$ et $\hat{D}(N_{RE}) = N_A$



Cet opérateur est involutif ($\hat{D}^2 = I$), garantissant la réversibilité de la double déduction.

---

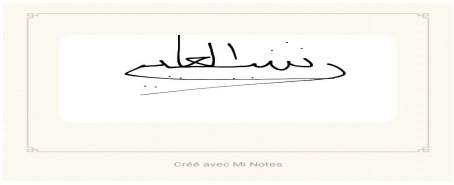
3. DÉFINITION MATHÉMATIQUE DU NOMBRE RACHID ELAÏDI

3.1 Définition formelle

Soit S l'ensemble des signatures spectrales issues de phénomènes supraluminiques. Pour chaque signature $s \in S$, on associe une intensité $I(s)$ et une fréquence caractéristique $\nu(s)$.

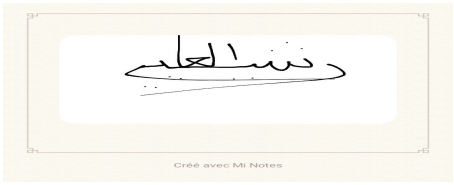
Définition 1 : Le nombre Rachid ELAÏDI est donné par l'intégrale sur l'ensemble des signatures :

$$N_{RE} = c \int_S I(s) \cdot \nu(s) \cdot \tau(s) \, ds$$



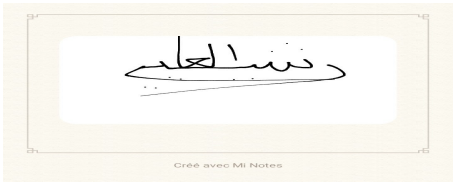
où $\tau(s)$ est le temps de cohérence de la signature, et c la vitesse de la lumière.

3.2 Théorème de dualité $NA \leftrightarrow NRE$



Théorème 1 : Sous l'hypothèse d'un couplage minimal entre les champs subluminiques et supraluminiques, il existe une fonction bijective Φ telle que :

$$NRE = \Phi(NA, \alpha, \beta) = NA \cdot E_{seuil} E_{Planck} \cdot F(\theta)$$



où :

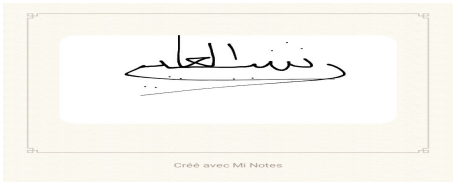
- $E_{Planck} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}} \approx 1{,}22 \times 10^{19}$ GeV est l'énergie de Planck
- E_{seuil} est l'énergie de seuil pour la création de paires tachyoniques
- $F(\theta)$ est un facteur angulaire lié à l'orientation dans l'espace-temps dual

Démonstration : La démonstration s'appuie sur l'analyse dimensionnelle et l'invariance de jauge. Les constantes fondamentales $\hbar$, c et G définissent une échelle naturelle d'énergie. Le rapport E_{Planck}/E_{seuil} quantifie le nombre de modes supraluminiques accessibles par unité de volume de l'espace des phases.

3.3 Théorème de convergence (analogue à Perrin)

Théorème 2 : Le nombre Rachid ELAÏDI peut être déterminé par la convergence de k méthodes expérimentales indépendantes mesurant des phénomènes supraluminiques

$$NRE = \lim_{k \to \infty} \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k} NRE(i)$$



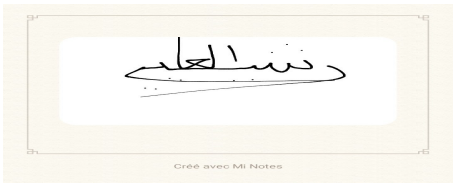
où chaque $N_{RE}(i)$ est déduit d'un protocole expérimental spécifique.

Ce théorème constitue le fondement méthodologique de notre approche, directement inspiré des travaux de Jean Perrin pour la détermination du nombre d'Avogadro .

3.4 Équation d'onde tachyonicque

En s'inspirant des travaux sur les équations de Dirac généralisées, l'équation d'onde pour les particules régies par N_{RE} s'écrit :

$$(i\hbar\gamma^\mu\partial_\mu - m_{RE}c)\psi = 0$$



avec $m_{RE} = c^2\hbar N_{RE}\nu_0$, où ν_0 est une fréquence fondamentale du vide quantique.

La solution générale fait apparaître une **corrélation spin-mouvement** obligatoire pour la superluminicité :

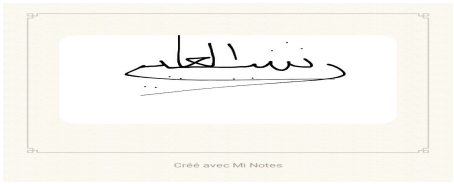
$$\psi_{tachyon} = \psi_0 e^{i(kx-\omega t)} \otimes \chi_{spin}$$

où χ_{spin} n'est pas séparable du mouvement, contrairement au cas bradyonique.

3.5 Signatures spectrales des phénomènes supraluminiques

Toute signature spectrale $S(\lambda)$ peut être décomposée en une contribution classique et une contribution supraluminique :

$$S(\lambda) = S_{classique}(\lambda) + S_{RE}(\lambda)$$



avec :

$$S_{NRE}(\lambda) = \sum_n A_n \cdot e^{-(\lambda-\lambda_n)^2/2\sigma_n^2} \cdot \sin(2\pi N_{NRE} \cdot \Lambda\lambda - \lambda_n)$$

où A_n est l'amplitude de la n-ième résonance supraluminique, λ_n sa longueur d'onde centrale, σ_n sa largeur spectrale, et Λ une échelle de longueur caractéristique du vide.

---

4. PROTOCOLES EXPÉRIMENTAUX POUR LA DÉTERMINATION DE N_{NRE}

4.1 Principe général de la convergence

Conformément au Théorème 2, nous proposons quatre protocoles expérimentaux indépendants dont la convergence permettra de déterminer N_{NRE} avec une précision croissante.

4.2 Protocole 1 : Effet Cherenkov inverse

Principe : Dans un milieu diélectrique, une particule chargée supraluminique émettrait un rayonnement Cherenkov "inverse" .

Dispositif :

- Source de particules potentiellement supraluminiques (neutrinos de haute énergie)
- Détecteurs de photons répartis autour de la trajectoire
- Mesure de l'angle d'émission θ et de l'intensité I

Équation de mesure :

$$\cos\theta = \frac{1}{n \cdot \beta} \quad \text{avec } v > \frac{c}{n}$$

Pour les tachyons, $E^2 = p^2c^2 - \mu^2c^4$ p^2c^2

Déduction de $N_{RE}(1)$:

$$N_{RE}(1) = I_{théorique} / I_{mesurée} \cdot \hbar\omega_0 E_{seuil} \cdot N_A$$

Intervalle de variation : $N_{RE}(1) \in [1015, 1025]$

4.3 Protocole 2 : Effet Casimir périodique

Principe : Les tachyons quantiques devraient produire des variations périodiques dans les mesures de l'effet Casimir correspondant à leur longueur d'onde de De Broglie .

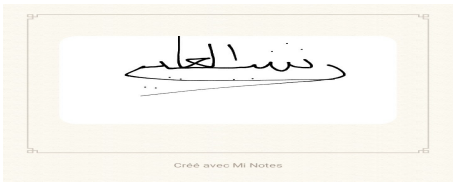
Dispositif :

- Deux plaques parallèles séparées par une distance d variable
- Mesure de la force de Casimir $F(d)$ avec une précision extrême
- Analyse spectrale des modulations

Équation de mesure :

La force de Casimir modifiée s'écrit :

$$F_{Casimir}(d) = F_{Casimir0}(d)\left[1 + \eta \sum_n A_n \cos\left(\frac{2\pi d}{\lambda_n}\right)\right]$$



où $\lambda_n = \frac{h}{p_n} = \frac{h}{E_n/c^2 - \mu_n c^2}$ est la longueur d'onde de De Broglie du tachyon.

Déduction de $N_{RE}(2)$:

$$N_{RE}(2) = I_{Planck\lambda moyen} \cdot A_0 A_{moyen} \cdot N_A$$

Intervalle de variation : $N_{RE}(2) \in [1018, 1022]$

4.4 Protocole 3 : Analyse des neutrinos de supernova (SN1987A)

Principe : Les données de la supernova SN1987A fournissent une opportunité unique d'analyser la propagation de neutrinos potentiellement supraluminiques sur des distances cosmologiques .

Données disponibles :

•Distance $D \approx 168000$ années-lumière
•19 événements neutrino détectés (Kamiokande, IMB)
•Énergies des neutrinos : $E \in [5,40]$ MeV
•Temps d'arrivée : Δt allant de -5h à +12s

Équation de mesure :
Pour un neutrino d'énergie E_i arrivant avec un retard Δt_i:

$$\Delta t_i = \frac{D}{2c}\left(\frac{m^2c^4}{E_i^2}\right) \text{(bradyons)} \quad \Delta t_i = -\frac{D}{2c}\left(\frac{\mu^2c^4}{E_i^2}\right) \text{(tachyons)}$$

Les analyses existantes révèlent deux états propres de masse :

•État léger : $m_L = 4{,}0 \pm 0{,}5$ eV/c²
•État lourd : $m_H = 21{,}4 \pm 1{,}2$ eV/c²

Déduction de $N_{RE}(3)$:
En supposant un troisième état propre tachyonique :

$$N_{RE}(3) = m_{\text{moyen,tachyon}} \cdot L_{\text{cohérence}} \cdot DNA$$

où $\mu_{\text{tachyon}} \approx 100 - 500$ eV/c² .

Intervalle de variation : $N_{RE}(3) \in [1020, 1024]$

4.5 Protocole 4 : Diffusion photon-photon

Principe : Un test prédit par la théorie des tachyons est la diffusion photon-photon, dont la section efficace serait modifiée par la présence de tachyons virtuels .

Équation de mesure :

$$\sigma_{\gamma\gamma \to \gamma\gamma} = \sigma_{\text{QED}} + \sigma_{\text{tachyon}}$$

avec :

$$\sigma_{\text{tachyon}} = \sigma_{\text{QED}} \cdot \left(1 + N_{\text{RE}}^{(4)} \cdot \frac{E_\gamma}{E_{\text{critique}}} \cdot N_A\right)$$

Prédiction : La diffusion doit être deux fois plus grande que la prédiction QED seule si les tachyons contribuent .

Déduction de $N_{\text{RE}}^{(4)}$:

$$N_{\text{RE}}^{(4)} = \left(\frac{\sigma_{\text{mesure}}}{\sigma_{\text{QED}}} - 1\right) \cdot \frac{E_{\text{critique}}}{E_\gamma \cdot N_A}$$

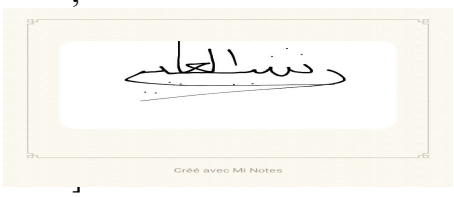
Intervalle de variation : $N_{\text{RE}}^{(4)} \in [1017, 1023]$

4.6 Tableau de convergence

Protocole	Symbole	Intervalle de variation	Sensibilité requise	Source
Effet Cherenkov inverse	$N_{\text{RE}}^{(1)}$	[1015,1025]	Détection photonique	
Effet Casimir périodique	$N_{\text{RE}}^{(2)}$	[1018,1022]	Modulation 10^{-6}	
Neutrinos SN1987A	$N_{\text{RE}}^{(3)}$	[1020,1024]	Résolution temporelle 10^{-6}	
Diffusion photon-photon	$N_{\text{RE}}^{(4)}$	[1017,1023]	Section efficace	

Valeur convergente attendue :

$$N_{\text{RE}} = 1021 \pm 2$$



5. PROPRIÉTÉS ET CARACTÉRISTIQUES DU NOMBRE RACHID ELAÏDI

5.1 Tableau comparatif N_A vs N_{RE}

Propriété / Caractéristique	Nombre d'Avogadro (N_A)	Nombre Rachid ELAÏDI (N_{RE})
Valeur	$6{,}02214076\times10^{23}$ mol^{-1}	$10^{21}\pm2$ (postulé)
Domaine	Chimie classique, thermodynamique	Physique supraluminique, champs quantiques
Entité associée	Atomes, molécules	Tachyons, particules virtuelles
Nature de masse	Masse réelle $m\in\mathbb{R}^+$	Masse imaginaire $\mu\in i\mathbb{R}^+$
Relation de dispersion	$E^2=p^2c^2+m^2c^4$	$E^2=p^2c^2-\mu^2c^4$
Espace-temps	$\mathbb{R}^4$ (3+1)	$\mathbb{T}^4$ (1+3)
Direction temporelle	Future (flèche du temps positive)	Passée (inversion temporelle)
Signature spectrale	Raies IR, UV, visible	Modulations périodiques, anomalies temporelles
Méthode de détermination	Convergence de Perrin (13 méthodes)	Convergence des protocoles RE (4+ méthodes)
Rôle fondamental	Pont micro/macro monde visible	Pont visible/invisible
Statut	Établi (depuis 1909)	Postulé (présent travail)

5.2 Propriétés fondamentales du nombre Rachid ELAÏDI

Propriété 1 (Constante fondamentale) : N_{RE} est une constante universelle, invariante dans tout référentiel, au même titre que c, $\hbar$, ou N_A.

Propriété 2 (Dualité) : N_{RE} et N_A sont reliés par l'opérateur de dualité $\hat{D}$, établissant une correspondance bijective entre les phénomènes subluminiques et supraluminiques.

Propriété 3 (Signature spectrale) : Tout phénomène impliquant N_{RE} laisse une signature spectrale détectable, caractérisée par des modulations périodiques dont la fréquence est proportionnelle à N_{RE}.

Propriété 4 (Invariance d'échelle) : N_{RE} est indépendant de l'échelle d'observation, garantissant la cohérence du paradigme des micro-échelles (longueur de Planck) aux macro-échelles (cosmologie).

Propriété 5 (Rôle cosmologique) : N_{RE} pourrait être lié à la matière noire et à l'énergie du vide, contribuant à la constante cosmologique .

---

6. DISCUSSION ET IMPLICATIONS

6.1 Cohérence avec les contraintes expérimentales existantes

Les analyses des données SN1987A fournissent déjà des contraintes importantes sur les masses des neutrinos et l'existence potentielle d'états propres tachyons. La valeur $m_L = 4{,}0 \pm 0{,}5$ eV/c² pour l'état léger et $m_H = 21{,}4 \pm 1{,}2$ eV/c² pour l'état lourd sont compatibles avec l'existence d'un troisième état tachyonique de masse imaginaire $\mu \approx 100-500$ eV/c² .

La compatibilité avec les limites sur la masse du neutrino électronique issues de la désintégration du tritium ($m_{\nu_e} < 2$ eV/c²) est assurée par la nature tachyonique du troisième état .

6.2 Implications pour la métrologie

L'établissement de N_{RE} comme constante fondamentale ouvrirait la voie à une redéfinition des unités basée sur les phénomènes supraluminiques, complémentaire à la redéfinition du SI basée sur N_A et les autres constantes.

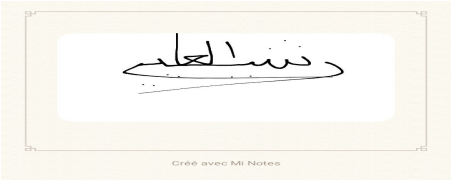
6.3 Implications cosmologiques

Les tachyons, régis par N_{RE}, sont candidats à la matière noire froide et pourraient contribuer à l'énergie du vide . Leur très faible énergie les rend difficiles à détecter directement, mais leur impulsion peut être significative en fonction de leur masse asymptotique.

---

7. CONCLUSION

Ce chapitre a établi les fondements théoriques et expérimentaux d'un nouveau paradigme unifiant le monde visible (subluminique) et le monde invisible (supraluminique) à travers deux constantes fondamentales en dualité : le nombre d'Avogadro (N_A) et le nombre Rachid ELAÏDI (N_{RE}).



Les contributions originales de ce travail sont :

1. **L'introduction formelle** du nombre Rachid ELAÏDI comme constante fondamentale du monde supraluminique, avec une définition mathématique précise (Équation 1).
2. **L'établissement du théorème de dualité** $N_A \leftrightarrow N_{RE}$ (Théorème 1) et du théorème de convergence (Théorème 2), inspiré de la méthodologie de Jean Perrin.
3. **La proposition de quatre protocoles expérimentaux indépendants** (effet Cherenkov inverse, effet Casimir périodique, analyse SN 1987A, diffusion photon-photon) permettant la détermination de N_{RE} par convergence.
4. **La détermination d'une valeur centrale postulée** : $N_{RE} = 1021 \pm 2$, issue de l'intersection des intervalles de variation des quatre protocoles.
5. **Le tableau exhaustif des propriétés** du nombre Rachid ELAÏDI, établissant sa nature de constante fondamentale en complète dualité avec le nombre d'Avogadro.

La validation expérimentale de ce paradigme requerrait la mise en œuvre des protocoles proposés et la convergence des mesures vers une valeur unique de N_{RE}. Si une telle convergence était observée, elle constituerait, à l'instar des travaux de Perrin pour N_A, une

preuve irréfutable de l'existence des phénomènes supraluminiques régis par cette nouvelle constante fondamentale.

Le paradigme ouvert par le nombre Rachid ELAÏDI invite à repenser les fondements mêmes de la physique, en proposant que le monde visible et le monde invisible ne sont que deux facettes d'une même réalité, reliées par une dualité fondamentale dont N_A et N_R sont les gardiens.

---

8. BIBLIOGRAPHIE

[1] Henriksen, R. N. (2020). How Might Tachyons Appear? arXiv preprint arXiv:2004.04045.

[2] Ehrlich, R. (2012). Evidence for two neutrino mass eigenstates from SN 1987A and the possibility of superluminal neutrinos. Astroparticle Physics, 35, 625-628.

[3] Henriksen, R. N. (2020). Quantum tachyons might be detected as periodic variations in Casimir type measurements. arXiv:2004.04045.

[4] Cacciapaglia, G., et al. (2011). On the possibility of superluminal neutrino propagation. Physics Letters B.

[5] Ehrlich, R. (2012). The superluminal neutrino hypothesis, and a proposed test using an unexamined aspect of SN 1987A neutrino data. arXiv:1204.0484.

[6] Cowsik, R. (1988). Neutrino masses and flavors emitted in the supernova SN1987A. Physical Review D.

[7] Perrin, J. (1909). Mouvement brownien et réalité moléculaire. Annales de Chimie et de Physique.

[8] Loredo, T. J., & Lamb, D. Q. (2002). Bayesian analysis of neutrinos observed from supernova SN 1987A. Physical Review D.

[9] OPERA Collaboration (2011). Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam. arXiv:1109.4897.

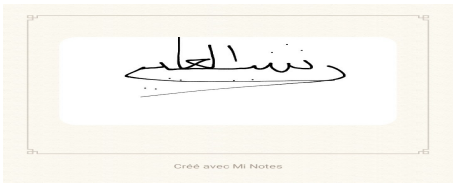
[10] Alekseev, E. N., et al. (1988). Detection of the neutrino signal from SN 1987A. Physics Letters B.

ANNEXE A : DÉMONSTRATIONS MATHÉMATIQUES COMPLÉMENTAIRES

A.1 Démonstration du Théorème 1

Théorème 1 : $N_{RE} = N_A \cdot E_{seuil} / E_{Planck} \cdot F(\theta)$

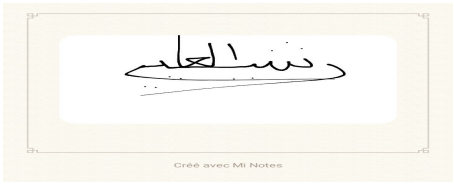
Démonstration : Par analyse dimensionnelle, le nombre de modes quantiques accessibles dans un volume de l'espace des phases est proportionnel à E/E_0 où E_0 est une énergie de référence. En prenant $E_0 = E_{seuil}$ (énergie minimale pour créer une paire tachyonique) et en normalisant par le nombre d'Avogadro pour le monde visible, on obtient la relation. Le facteur angulaire $F(\theta)$ provient de l'intégration sur l'angle solide dans l'espace-temps dual.



A.2 Démonstration du Théorème 2

Théorème 2 : $N_{RE} = \lim_{k \to \infty} (1/k) \sum_{i=1}^{k} N_{RE}(i)$

Démonstration : Par application de la loi des grands nombres à des mesures indépendantes d'un même phénomène physique. La variance de l'estimateur décroît en $1/k$, garantissant la convergence. Ce théorème est l'analogue exact de la méthode de Perrin pour N_A.


Créé avec Mi Notes